1997. The Journal of Arachnology 25:42–48

ESTRUCTURA OCULAR DE *SELENOPS COCHELETI* (ARANEAE, SELENOPIDAE)

José Antonio Corronca: CONICET-Fundación M. Lillo-INSUE Fac. de Cs. Nat. e Inst. Miguel Lillo 251. (4000) S. M. de Tucumán, Argentina

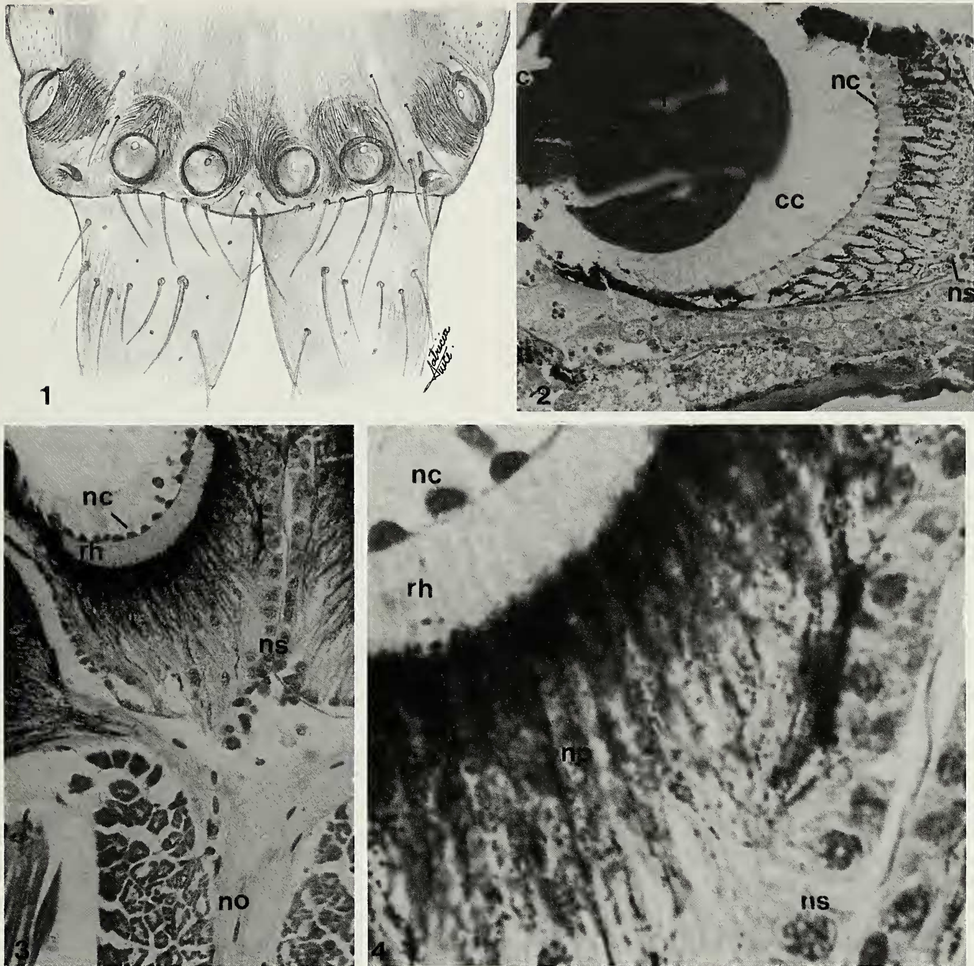
Héctor R. Terán: Instituto de Morfología Animal, Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251. (4000) S. M. de Tucumán, Argentina

ABSTRACT. *Selenops cocheleti* Simon 1880 (Selenopidae, Araneae) have their eight eyes arranged in two rows, the first formed by six eyes and the second row by only two. The first row of eyes is formed by two anterior lateral (ALE), two posterior median (PME) and two anterior median eyes (AME). Two posterior lateral eyes (PLE) point backwards and form the second row of eyes. This study used the histological staining technique of Hematoxylin-Eosin and Mallory-Azan-Heindenhain. The specimens were fixed with Bouin, using n-Butyl alcohol as an intermediary for embedding in Paraplast. Frontal, transversal and sagittal sections (6–10 μm) were made. The cornea and lens of all the eyes are cuticular and laminar. Behind the lens there is a layer of cone cells with projections toward the lens. The direct eyes have two cellular types at the rhabdoma. They support the pigmented cells and the sensitive cells of the retina. In the indirect eyes three cellular types are found: sensitive cells of the retina, pigmented support cells and unpigmented support cells. These eyes have a tapetum (layer which reflects the light) below the pigmented layer of the ocular cup.

RESUMEN. *Selenops cocheleti* Simon 1880 (Selenopidae, Araneae) posee sus ocho ojos dispuestos en dos filas, la primera formada por seis ojos y la segunda por sólo dos. La fila anterior de ojos está constituída por dos ojos laterales anteriores (OLA), dos medios posteriores (OMP) y dos medios anteriores (OMA). Los ojos laterales posteriores (OLP) se dirigen hacia atrás y forman la segunda fila de ojos. Los OMA son ojos principales y los restantes secundarios. Para este estudio se utilizaron técnicas histomorfológicas con la coloración de Hematoxilina-Eosina y Mallory-Azan-Heidenhain. Los ejemplares fueron fijados con Bouin utilizando como intermediario alcohol n-Butílico para su inclusión en Paraplast. Se realizaron cortes a 6–10 μm, en sección frontal, transversal y sagital. La córnea y la lente de todos los ojos son cuticular y laminar; detrás de la lente se extiende una capa uniestratificada de células cono con proyecciones hacia la lente. Los ojos principales tienen dos tipos celulares en el rabdoma; las células de soporte pigmentadas y las células sensoriales de la retina. En los ojos secundarios se reconocieron tres tipos celulares; las células de la retina, las células de soporte pigmentadas y las de soporte no pigmentadas. En éstos últimos se encuentra también un tapete (capa que refleja la luz) delante de la capa pigmentada de la copa ocular.

La disposición de los ojos de los selenópidos es característica y está relacionada con la forma achatada del cuerpo. Los ojos se disponen en una fila anterior formada por seis ojos y la posterior por sólo dos dirigidos hacia atrás, correspondientes a los ojos laterales posteriores (OLP). Los ojos medios anteriores (OMA) y medios posteriores (OMP) que en *Selenops* se disponen próximos entre sí y de manera recta o levemente recurvada en la porción central de la región cefálica (Fig. 1). Los ojos laterales anteriores (OLA), ubicados latero-externamente y separados de los ojos medios, carecen de anillo pigmentado, son perlados y considerados como los únicos ojos nocturnos de estas arañas (Simon 1897; F.O. Pickard-Cambridge 1900). Homann (1971) describe la estructura de los ojos de Selenopidae y la compara con los de Sparassidae. Desde ese año hasta la fecha no se ha vuelto a estudiar la estructura de los ojos de Selenopidae y se desconocen muchos aspectos relacionados a la visión y la estructura general del aparato óptico de estas arañas y las relaciones que pudieran existir con otras familias.

Este es el primer trabajo de una serie de estudio sobre la anatomía ocular de familias relacionadas con Selenopidae. En este trabajo



Figuras 1–4.—*Selenops cocheleti* Simon. 1. disposición de los ojos; 2–4. Ojo medio anterior (OMA); 2. Sección frontal (160×); 3. Sección longitudinal (250×); 4. Sección frontal mostrando rabdómeros y núcleos de las células sensoriales de la retina (1000×). Abreviaturas: OMA, ojos medios anteriores; OLA, ojos laterales anteriores; OMP, ojos medios posteriores; OLP, ojos laterales posteriores; c, córnea; l, lente; cc, células cono; nc, núcleo de célula cono; no, nervio óptico; np, núcleo de célula de soporte pigmentada; ns, núcleo de célula sensorial; rh, rabdómero.

se describe los ojos de *Selenops cocheleti* Simon.

MÉTODOS

Se utilizaron seis ejemplares, tres subadultos (1♂2♀) y tres adultos (1♂2♀), de *Selenops cocheleti* Simon capturados bajo corteza de *Eucaliptus* sp. en el Departamento Capital, Santiago del Estero, Argentina, incluidos en la colección de la Fundación Miguel Lillo (FML N° 02100 y 02101). Los especímenes voucher permanecen depositados en la histoteca de la Colección de Arácnidos de la Fundación Miguel Lillo, cuyos lotes corresponden a los números antes mencionados. Se realizaron disecciones de las regiones cefálicas las que fueron fijadas en Bouin. El material se incluyó en Paraplast y se utilizó como intermediario en la deshidratación alcohol n-Butílico.

Se efectuaron cortes seriados de 6 y 10 μm siguiendo los planos sagital, frontal y transversal. La preparaciones fueron teñidas con Hematoxilina-Eosina y Mallory-Azan-Heidenhain.

RESULTADOS

Ojos medios anteriores (OMA).—*Cornea:* Cuticular, laminar con superficie externa

ondulada. Las ondulaciones se continúan en una estría transversal que la atraviesa en toda su espesor, dando un aspecto facetado (Fig. 2).

Lente: Se ubica por debajo de la córnea, es una estructura laminar, biconvexa, con la convexidad mayor hacia la parte interna del ojo (Fig. 2). Las láminas son más anchas que las de la córnea y acompañan la curvatura de la lente. Células cono (Eakin & Brandenburger 1971): se ubican por debajo de la lente, poseen núcleos basales ovoides, con cromatina condensada (Figs. 2, 4). Se disponen en un solo estrato con proyecciones hacia la lente. Las células cono descansan sobre una delgada membrana basal que las separa de la retina (Figs. 2–4).

Retina: Semilunar, formada por dos tipos celulares, las células de soporte pigmentadas y las sensoriales de la retina. Las células de soporte pigmentadas, con núcleos con cromatina granular dispuesta homogéneamente, contienen numerosos gránulos de pigmento concentrándose anteriormente formando una capa pigmentada oscura (Fig. 3). Los núcleos de estas células se disponen en diferentes planos, dando un aspecto desordenado (Fig. 4). Hacia la parte profunda, el número de gránulos de pigmento disminuye formando bandas ampliamente separadas por el citoplasma de las células sensoriales de la retina (Fig. 3).

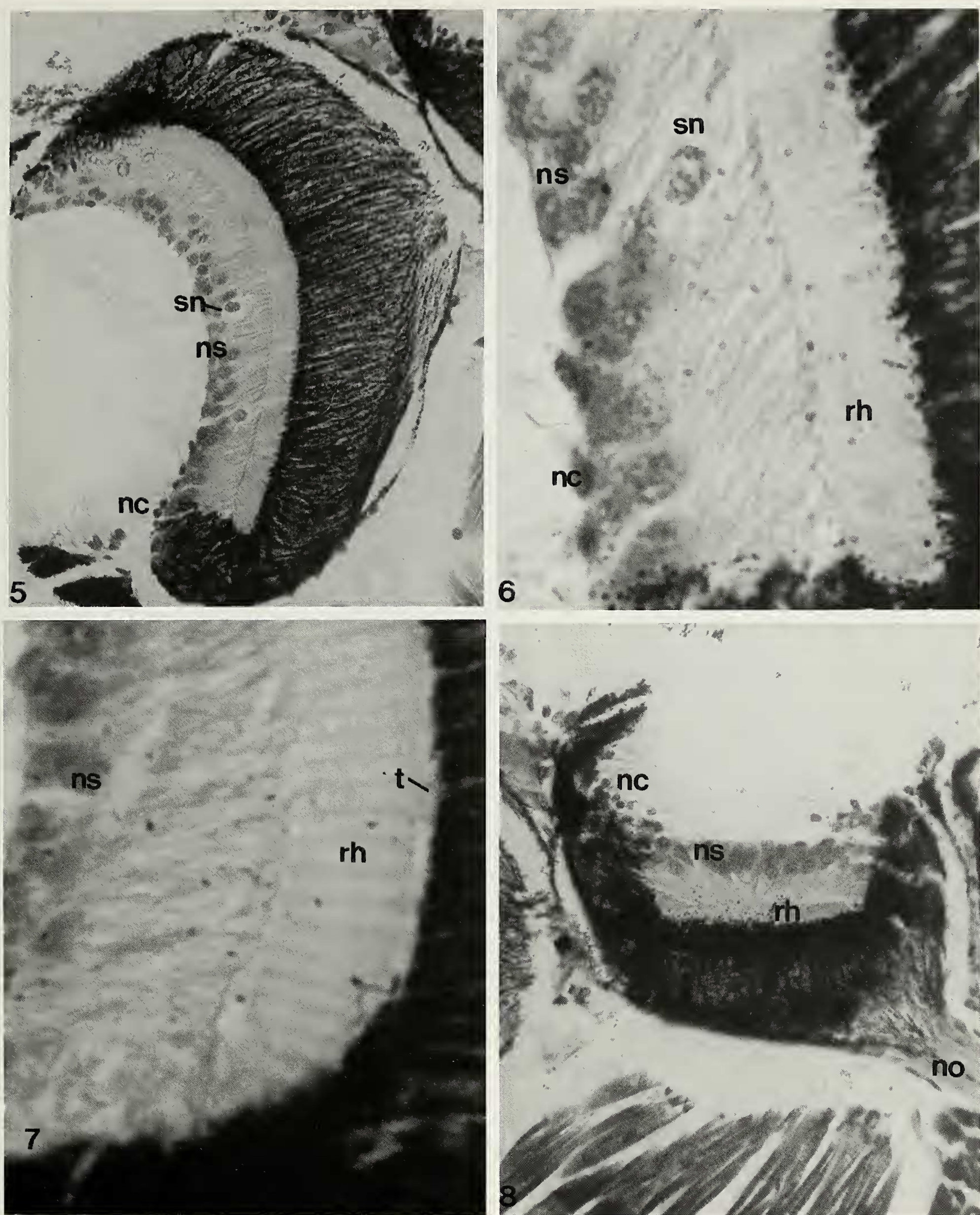
Cada célula sensorial de la retina esta formada por la zona distal, ocupada por los rabdómeros (Figs. 3, 4), inmediatamente por debajo de la membrana basal; un segmento intermedio que atraviesa la capa oscura y clara de las células de soporte pigmentadas y la porción nuclear (Fig. 3) donde la célula aumenta su volumen. Los núcleos de las células sensoriales con cromatina granular distribuida homogéneamente (Fig. 4), se disponen periféricamente en la base de la copa ocular, emitiendo prolongaciones internas que forman el nervio óptico. En un corte transversal del ojo los núcleos de las células sensoriales se disponen en forma sublineal con las prolongaciones sensoriales a modo de paquete. Por la estructura antes mencionada estos ojos se denominan de visión directa.

Ojos medios y laterales posteriores (OMP y OLP).—Córnea similar a OMA. Lente biconvexa, de forma ojival y células cono semejantes a las descritas para los OMA. Retina está formada por tres tipos celulares, las células sensoriales de la retina (Figs. 5, 8), las células de soporte pigmentadas y las de soporte no pigmentadas (Figs. 5, 6). Existe diferencia en la estructura retiniana en los OMP y OLP. Los primeros poseen una estructura retiniana subrectangular (Fig. 8) mientras que los OLP en forma de copa (Fig. 5).

Ojos laterales posteriores (OLP).—Los núcleos de las células sensoriales, con cromatina distribuida homogéneamente (Fig. 6), se ubican inmediatamente por debajo de la membrana basal y otros se agrupan lateralmente entre la capa de pigmento hasta el vértice inferior. De los somas de las células sensoriales se prolongan el segmento intermedio continuándose en los rabdómeros dispuestos paralelamente (Fig. 7) cuyas prolongaciones atraviesan el reducido tapete de tipo "RT" según Homann (1971) (Fig. 7). Las células de soporte no pigmentadas son células gigantes y en número reducido (Fig. 5). El núcleo con cromatina granular, en algunos casos dispuesta periféricamente, y citoplasma claro, abundante y con proyecciones entre las fibras de las células sensoriales, a menudo acompaña a los rabdómeros llegando hasta la copa pigmentada (Figs. 5, 6). Las células de soporte pigmentadas poseen un citoplasma con mayor cantidad de gránulos de pigmento cerca de los rabdómeros y forman bandas convergentes hacia el nervio óptico, disminuyendo la concentración de gránulos de pigmento (Fig. 5). Los núcleos son difíciles de observar debido a la gran cantidad de pigmento.

Ojos medios posteriores (OMP).—Las células sensoriales de la retina dispuestas en por lo menos dos capas (Fig. 8), con los núcleos llegando hasta el vértice interno de la capa pigmentada (Fig. 9). Los rabdómeros se distribuyen paralelamente formando una faja subrectangular (Fig. 8). Las células de soporte no pigmentadas son grandes, con núcleos con cromatina granular, y poseen abundante citoplasma claro con prolongaciones entre las fibras de las células sensoriales de la retina, pero no atraviesan los rabdómeros (Fig. 9). Las células de soporte pigmentadas poseen mayor concentración de gránulos de pigmento en la zona de contacto con los rabdómeros y en la periferia de la copa ocular, disponiéndose entre estas regiones en bandas de menor número de gránulos de pigmento.

Ojos laterales anteriores (OLA).—*Córnea:* Cuticular, laminar, con la superficie ex-

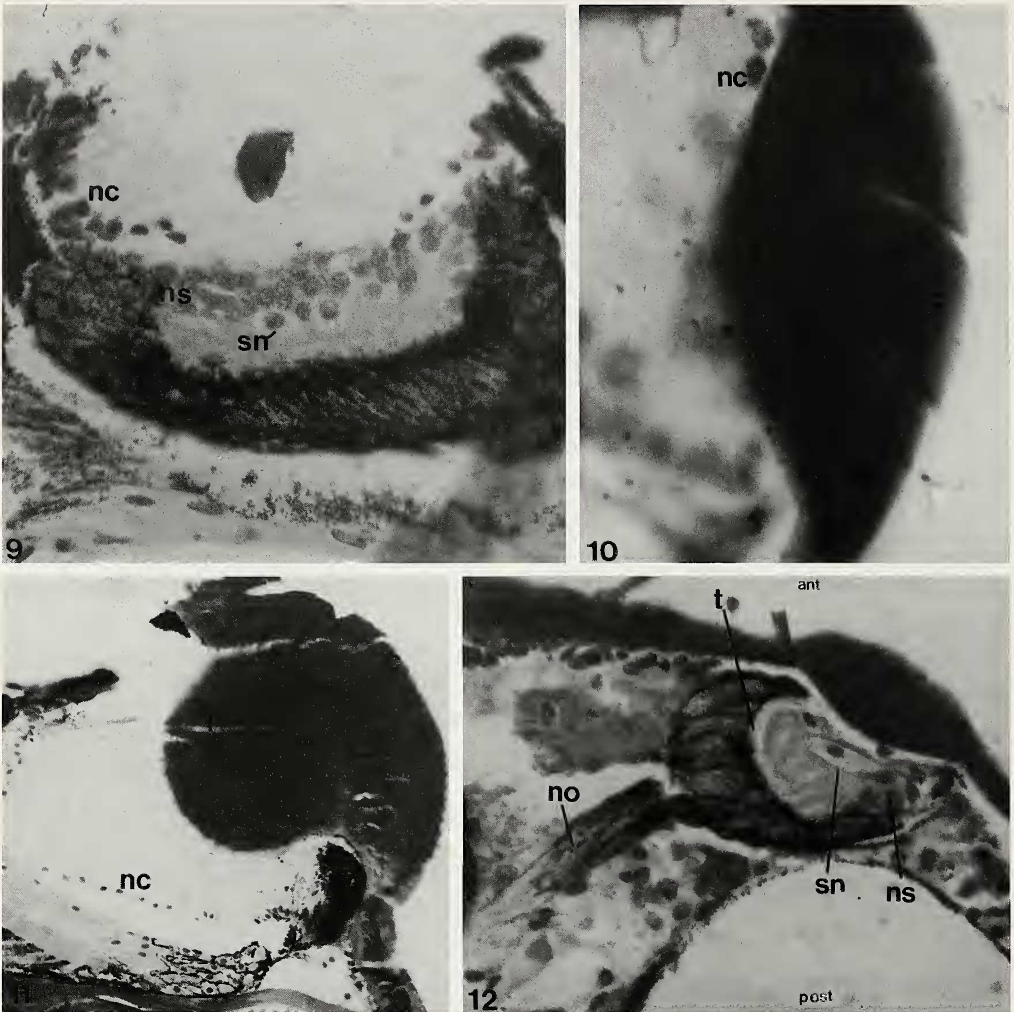


Figuras 5–8.—*Selenops cocheleti* Simon. 5–7. Ojo lateral posterior (OLP). 5. Sección longitudinal (250×); 6. Detalle de célula de soporte no pigmentada (1000×); 7. Detalle de tapete y rabdómeros (1000×). 8–9. Ojo medio posterior (OMP); 8. Sección longitudinal mostrando rabdómeros (250×); Abreviaturas: nc, núcleo de célula cono; no, nervio óptico; ns, núcleo de célula sensorial; rh, rabdómero; sn, célula de soporte no pigmentada; t, tapete.

terna con aproximadamente 4–5 placas imbricadas separadas unas de otras por estrías que atraviesan todo el espesor de la lente (Fig. 10).

Lente: Laminar, ligeramente ojival (Figs. 10, 12). *Células cono:* Se ubican por debajo de la lente, sus núcleos son ovales, con cromatina muy condensada y se disponen en un solo estrato, no observándose proyecciones hacia las lentes como en los restantes ojos (Fig. 10).

Retina: Se observan tres tipos celulares, células sensoriales de la retina, células de soporte no pigmentadas y células de soporte pigmentadas. Los núcleos de las células sensoriales



Figuras 9–12.—*Selenops cocheleti* Simon. 9. Sección longitudinal mostrando células de soporte no pigmentadas (400×). 10. Ojo lateral anterior (OLA) mostrando forma de lente y superficie externa de la córnea (1000×); 11. Ojo lateral posterior, en sección frontal, mostrando forma de la córnea y lente (160×); 12. OLA, sección longitudinal mostrando disposición de núcleos de células sensoriales de la retina y células de soporte no pigmentadas (400×). Abreviaturas: ant, anterior; c, córnea; l, lente; post, posterior; nc, núcleo de célula cono; no, nervio óptico; ns, núcleo de célula sensorial; sn, célula de soporte no pigmentada; t, tapete.

se ubican en posición latero-posterior-externa del ojo (Fig. 12), emitiendo los segmentos intermedios hacia el centro de la copa ocular donde se ordenan los rabdómeros, en número escaso, dispuestos de manera semilunar y con prolongaciones que atraviesan el tapete (Fig. 12) de tipo "canoe" (KT, según Homann 1971). Las células de soporte no pigmentadas son gigantes, con cromatina granular dispuesta homogéneamente, citoplasma claro, abundante (Fig. 12) y con gruesas proyecciones hacia los somas de las células sensoriales de la retina. Las células de soporte pigmentadas presentan los gránulos de pigmento concentrados de manera lineal detrás del tapete y periféricamente a la copa ocular, especialmente en la porción latero-posterior-externa; entre estas regiones el pigmento se distribuye desordenadamente, sin formar bandas paralelas como en los restantes ojos. El pigmento converge hacia el nervio óptico al cual acompaña en gran parte de su extensión (Fig. 12). Los núcleos de las células de soporte pigmentadas son grandes, no pudiéndose determinar la dis-

posición de la cromatina por estar enmascarada por los gránulos de pigmento.

DISCUSIÓN

Tipos celulares.—En los ojos de *Selenops cocheleti* Simon se observaron diferentes tipos celulares. Los OMA (principales) presentan dos tipos celulares, células de soporte pigmentadas y células sensoriales. En los restantes ojos (secundarios) se observaron tres tipos, sensoriales, células de soporte no pigmentadas y pigmentadas.

En contraposición a los datos conocidos para Salticidae y Lycosidae (Eakin & Brandenburger 1971; Melamed & Trujillo-Cenóz 1966), las células sensoriales en la especie de *Selenops* estudiada se disponen en una sola capa en los OMA, en por lo menos dos capas en OLP y OMP y agrupadas latero-postero-externamente en los OLA. En todos los ojos (excepto OMA) se puede observar mayor concentración de núcleos de las células sensoriales en las zonas de convergencia de la luz, relacionado con la orientación de cada ojo (Figs. 5, 9, 12).

En los OMA las células de soporte pigmentadas son el único tipo de elemento de soporte, actuando como células gliales y proporcionando una matriz de sostén de las células receptoras y como una pantalla para la absorción de la luz. En los OLA, las células pigmentarias acompañan al nervio óptico en una gran extensión (Fig. 12).

Los OLA, OLP y OMP además de las células de soporte pigmentarias poseen las de soporte no pigmentadas (Figs. 5, 9, 12), las que de acuerdo con Eakin & Brandenburger (1971) actuarían, además, como células nutricias y facilitarían el intercambio de sustancias entre las células gliales y los rabdómeros. Este tipo celular fue también observado por Melamed & Trujillo-Cenóz (1966) en Lycosidae. El tamaño de estas células, en *Selenops,* con respecto al tamaño del ojo es muy destacable en los OLA (Fig. 12).

Aparato dióptrico.—La forma de la superficie externa de la córnea estaría relacionada con la dirección de los rayos luminosos de acuerdo con la orientación de los ojos; por lo que en los OMA, OLP y OMP la superficie externa es facetada (Fig. 11) mientras que la de los OLA es como placas imbricadas (Fig. 10). Las láminas observadas en la córnea y lente podrían, de acuerdo con Eakin & Brandenburger (1971), actuar como un filtro de interferencia de diferentes longitudes de onda dentro de la luz blanca. Las diferentes formas de lentes observadas podrían influir sobre la refracción de los rayos luminosos y su distribución sobre la capa receptora del ojo.

Las células cono, cuya función es la de secretar la lente (Eakin & Brandenburger 1971), en todos los ojos excepto en OLA, emiten prolongaciones anteriores que cumplirían función del "humor vítreo" de los vertebrados. En los OLA, de acuerdo con Homann (1971) las células cono se ubican inmediatamente por debajo de la lente, no existiendo proyecciones. La ausencia de "humor vítreo" en los OLA evitaría la absorción de la luz en un medio más denso, de tal manera que los rayos luminosos inciden sobre el tapete produciendo interferencia en película delgada, redistribuyendo la energía lumínica y aumentando su intensidad hacia las células receptoras ubicadas en posición latero-posterior-externa. De acuerdo con las observaciones de campo y laboratorio esta especie es de hábito crepuscular y nocturno. La función de los dos tipos distintos de tapete observados en los ojos de esta especie se desconoce.

La anatomía de los ojos secundarios ha sido utilizada para la sistemática de arañas y se sabe que las relaciones filogenéticas de Selenopidae con otras familias son confusas. Lehtinen (1967) ubica a los Cycloctenidae, Selenopidae y Zoridae en su superfamilia Lycosoidea. Homann (1968) encuentra similitud en la estructura de los ojos de *Cycloctenus* con los de *Selenops* y posteriormente (Homann 1971) los ubica en Selenopidae y sugiere que estos taxa no estarían relacionados con los Lycosoidea. Levi (1982) considera por un lado a los Lycosoidea (Stiphidiidae, Acanthoctenidae, Zoropsidae, Psechridae, Lycosidae, Pisauridae, Ctenidae, Senoculidae, Oxyopidae y Toxopidae) y por otro a los Philodromoidea (Heteropodidae, Philodromidae, Selenopideae y Cycloctenidae). Griswold (1993) estudiando los Lycosoidea (todas las familias comprendidas en Levi (1982), excepto Toxopidae) determina la monofilia del grupo sobre la base de dos sinapomorfías, una de ellas es la presencia de tapete de tipo RT, en por lo menos uno de los ojos. Selenopidae y otros taxa previamente considerados como relacionados con uno o más de los taxa tratados en ese estudio, no fueron incluidos porque de

acuerdo con Homann (1971) no están relacionados con Lycosoidea.

La presencia de tapete de tipo RT en los OLP y OMP de *Selenops* podría relacionarlos con los Lycosoidea (*sensu* Griswold 1993) y el hallazgo de un tapete KT en los OLA posiblemente los relacionaría con los Acanthoctenidae que también poseen este tipo de tapete en sus OLA.

AGRADECIMIENTOS

A la Lic. Marta Cárdenas por sus comentarios sobre la interferencia lumínica, a la Fundación Miguel Lillo y al CONICET por el apoyo brindado.

LITERATURA CITADA

Eakin, R.M. & J.L. Brandenburger. 1971. Fine structure of the eyes of jumping spiders. J. Ultrastruct. Res., 37:618–663.

Griswold, C.E. 1993. Investigations into the phylogeny of the lycosid spiders and their kin (Arachnida, Araneae, Lycosoidea). Smithson. Contrib. Zool., 539:1–39.

Homann, H. 1968. Die stellung der Cycloctenina e im System der Araneen (Arachnida, Araneae). Senckerbergiana Biol. 49:51–57.

Homann, H. 1971. Die augen der Araneae. Anatomie, Ontogenie und Bedeutung für die Systematik (Chelicerata, Arachnida). Z. Morph. Tiere, 69:201–272.

Lehtinen, P.T. 1967. Classification of the cribellate spiders and some allied families with notes on the evolution of the Suborder Araneomorpha. Annal. Zool. Fennici, 4:199–468.

Levi, H.W. 1982. Araneae. Pp. 2:77–95, *In* Synopsis and Classification of living organisms. (S.P. Parker, ed.).

Melamed, J. & O. Trujillo-Cenóz. 1966. The fine structure of the visual system of *Lycosa* (Araneae, Lycosidae). Z. für Zelfor., 74:12–31.

Pickard-Cambridge, F.O. 1900. Biología Centrali-Americana. Arachnida. Araneida. Opiliones. Vol. II. Pp. 115–118. Cambridge.

Simon, E. 1897. Histoire Naturelle des Araignées. Paris, Tome 2:27–61.

Manuscript received 4 December 1995, revised 10 September 1996.